موانع و محدودیت‌های کاربرد سنجش از دور در برآورد پارامترهای گیاهی مناطق خشک و نیمه خشک

امیر پلهم عباسی
عضو هئیت علمی دانشگاه آزاد اسلامی
واحد بندرعباس، گروه مرتع و آبخیزداری

چکیده

استفاده اصولی و مدیریت صحیح مناطق خشک و نیمه‌خشک که وسعت قابل توجهی ($\frac{1}{3}$) از خشکی‌های سطح کره زمین را در بر می‌گیرند، نیاز به برنامه ریزی بر پایه اطلاعات دقیق و به هنگام از اجزای مختلف اکوسیستم از جمله پوشش گیاهی دارد. توجه به پوشش گیاهی یکی از نیازهای عمده و مهم در مدیریت و بهره برداری از مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد.

از آنجایی که جمع آوری اطلاعات در سطوح وسیع و در شرایط خشک و بیابانی به روش‌های سنتی و عملیات زمینی وقت‌گیر و هزینه بر می‌باشد، لذا بکارگیری فنون جدید در این گونه مطالعات لازم و ضروری است. سنجش از دور از جمله فنونی است که در این زمینه از کارآیی بالایی برخوردار است.

گیاهان مناطق خشک و نیمه‌خشک بدلیل واکنش‌هایی که در برابر استرس‌های محیطی از خود نشان می‌دهند، دارای شاخص برگ (Leaf Area Index) کم و تاج پوشش نسبتاً بازی می‌باشند، که این امر باعث نمایان شدن خاک زمینه در این مناطق می‌گردد. تأثیر زیاد خاک زمینه در انعکاسات طیفی پوشش گیاهی مناطق خشک و نیمه خشک باعث اشتباه در ارزیابی گیاهان این مناطق از طریق سنجش از دور می‌شود.

مطالعات زیادی در خصوص معرفی شاخص‌های مناسب گیاهی جهت نمایش تغییرات پوشش گیاهی مناطق خشک و نیمه‌خشک انجام گرفته است و نتایج تمامی این مطالعات بیانگر این است که بدلیل متغیر بودن خصوصیات پوشش گیاهی و خاک در نواحی مختلف مناطق خشک و نیمه‌خشک و همچنین اختلاف در داده‌های ماهواره‌ای مورد استفاده از لحاظ نوع سنجنده، تعداد باند، محدوده طیفی، دقت مکانی و.... نمی‌توان شاخص خاصی را برای مطالعات پوشش گیاهی تمام مناطق خشک و نیمه خشک معرفی نمود، بلکه برای هر منطقه با توجه به خصوصیات پوشش گیاهی، خاک و نیز نوع داده ماهواره‌ای مورد استفاده، شاخص و یا شاخص‌هایی که با مطالعات صحرایی معنی دار باشد، می‌توان معرفی نمود.

هدف از این بررسی این است که با توجه به عکس العمل متفاوت گیاهان مناطق خشک و نیمه‌خشک در برابر استرسهای محیطی و نیز با زبودن تاج پوشش گیاهی و تأثیر زیاد خاک زمینه در بازتاب طیفی پوشش گیاهی این مناطق، چگونگی انعکاسات طیفی پوشش گیاهی مناطق خشک و نیمه‌خشک مورد مطالعه قرار گرفته و تکنیک مناسب جهت مطالعه پوشش گیاهی چنین مناطقی معرفی گردد.

مقدمه

حدود $\frac{1}{3}$ از خشکی‌های سطح زمین جزء مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌شوند که دارای اکوسیستم شکننده و حساسی می‌باشند. تشدید فعالیت‌های انسانی در مناطق خشک و نیمه خشک باعث از بین رفتن پوشش گیاهی، فرسایش بادی، فرسایش آبی، شور و ماندابی شدن و در نهایت باعث افزایش اراضی لم‌یزرع شده و نتایج این تخریب همان چیزی است که بیانزایی نامیده می‌شود[۱].

در مناطق خشک و نیمه خشک فرسایش خاک (بادی و آبی)، از مشکلات اساسی می‌باشد. میزان پوشش گیاهی نقش ویژه‌ای در کنترل فرسایش و جلوگیری از بیابانی شدن این مناطق دارد[۲]. بنابراین توجه به پوشش گیاهی یکی از نیازهای عمده و مهم در مدیریت این مناطق می‌باشد. از آنجائیکه جمع آوری اطلاعات در سطوح وسیع و در شرایط خشک و نیمه خشک به روشهای سنتی و عملیات زمینی وقت گیر و هزینه‌بر می‌باشد، و نیز دسترسی به اطلاعات بهنگام با استفاده از روش‌های مذکور دشوار است، لذا بکارگیری فنون جدید در اینگونه مطالعات لازم و ضروری می‌باشد. سنجش از دور از جمله فنونی است که از توانایی بالایی جهت تولید اطلاعات و به کارگیری آنها بمنظور برنامه ریزی، مدیریت و ارزیابی پوشش گیاهی و اتخاذ شیوه مدیریتی مناسب در چنین مناطقی برخوردار است [۳].

پوشش گیاهی مناطق خشک و نیمه خشک

گیاهان غالب مناطق خشک و بیابانی را بوته‌ای‌ها، گیاهان علفی یکساله با پوشش پراکنده و غیر متراکم و درختچه‌های کوتاه قامت تشکیل می‌دهند. در بعضی از مناطق خشک و نیمه خشک فقط یک فرم رویشی پوشش منطقه را تشکیل می‌دهد. در حالیکه در برخی نقاط دیگر فرمهای مختلف رویشی به چشم می‌خورد. در بسیاری از مناطق بیابانی پوشش گیاهی محدود به آبراهه‌های حاصل از جاری سیلاب هاست [۵و۴]. در مناطق خشک و نیمه خشک که بارانهای تابستانه متداول است بذر گروهی از گیاهان یکساله بعد از اولین بارندگی جوانه می‌زنند. این گیاهان دوران زندگی خود را در طی

۸-۶ هفته و قبل از فرارسیدن دوره خشکی به پایان می‌رسانند. بنابراین بیشتر طول عمر خود را طی سالها به صورت بذر و در حالت خواب بسر می‌برند. این گروه گیاهان را یکساله تابستانه یا کوتاه عمر (Ephemeral) می‌نامند[۵]. گروه دیگری از یکساله‌ها هنگامیکه بارانهای پاییزه یا زمستانه آغاز می‌شود شروع به رشد می‌کنند.این گیاهان دارای رشد طولانی‌تر بوده و از رشد ارتفاعی بیشتری نیز برخوردار می‌باشند و در بهار هنگامیکه بارندگی متوقف و درجه حرارت افزایش می‌یابد، آخرین مراحل فنولوژیک خود را به پایان می‌رسانند[۵].

نوع دیگری از پوشش گیاهی که در مناطق محدودی از بیابانها به چشم می‌خورد، گیاهان گوشتی (Succulent) است. این گیاهان نظیر کاکتوسها و مشابه آن دارای برگها و یا ساقه هایی هستند که پارانشیم آنهابصورت غیر طبیعی ضخیم شده و در هنگام بارندگی با جذب رطوبت متورم و با شروع فصل خشکی، میزان تعرق خود را کاهش داده و از ذخیره آب موجود در اندامهای خود استفاده می‌کنند تا اینکه در فرصت مناسب رطوبت را دراندامهای خود ذخیره نمایند[۵].

چون در مناطق خشک و بیابانی اکثر یکساله‌ها دوران زندگی خود را سریعاً سپری نموده و ظاهراً از صحنه طبیعت محو می‌گردند و گیاهان گوشتی نیز فقط در مناطق محدودی از بیابانهای دنیا وجود دارند، بنابراین می‌توان گفت که گیاهان بوته‌ای سیمای حقیقی غالب مناطق خشک و بیابانی را تشکیل می‌دهند. این گیاهان دارای ریشه‌های عمیق بوده و با رطوبت تحت الارضی ارتباط دارند و یا اینکه گروه دیگری دارای ریشه‌های سطحی وسیع بوده و رطوبت را از بارانهای اندک و محدود که معمول مناطق خشک و نیمه خشک است، دریافت می‌دارند. نسبت ریشه ساقه در این گیاهان زیاد و گاهی این نسبت شش به یک است [۵].

انعکاسات طیفی پوشش گیاهی مناطق خشک و نیمه خشک

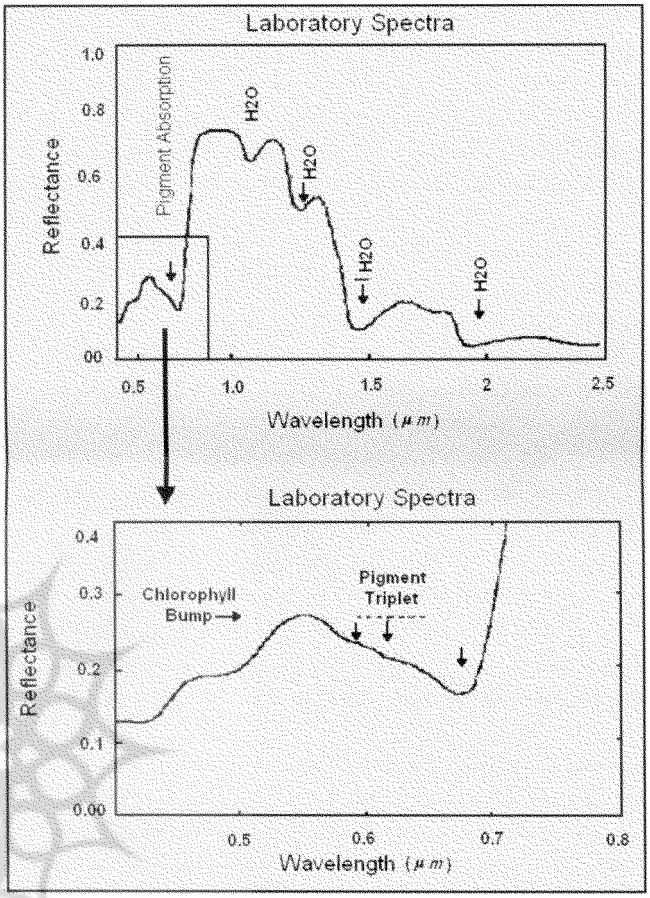
به طور کلی گیاهان دارای رنگدانه‌های مختلفی در اندام‌های خود هستند که بواسطه جذب نور توسط این رنگدانه‌ها فتوسنتز می‌کنند. در جدول شماره ۱ محدوده طیفی جذب نور رنگدانه‌های موجود در گیاهان آمده است. بازتابندگی طیفی خیمه گیاهی با طول موج تغییر می‌کند. گیاهان طول موجهای بخصوصی را بیشتر از سایر طول موجها باز می‌تابانند که این امر به خصوصیات برگ گیاهان از قبیل سلولهای رنگی موجود در برگ گیاهان، ساختمان فیزیولوژیکی و آب محتوی در آنها بستگی دارد [۷] نگاره شماره ۱ بازتابندگی طیفی پوشش سبز را در محدوده طیفی باند مرئی و فرو سرخ نزدیک نشان می‌دهد[۸].

در نگاره شماره ۱ جذب نور در محدوده باند مرئی طیف به وسیله مواد رنگی انجام می‌گیرد. اما انعکاس قوی نور در محدوده ۱/۲-۰/۸، میکرومتر بدلیل پخش بالای نور در دیواره سلولی است. آب موجود در برگها باعث جذب نور در محدوده ۱-۰/۸، ۱/۳-۱/۲، ۱/۵-۱/۴ و ۲- ۱/۸ میکرومتر می‌شود. وجود چندین ماده رنگی باعث جذب نور در محدوده طیفی ۲/۵-۲ میکرومتر شده است[۸]. روش رایج در ارزیابی پوشش گیاهی به وسیله سنجش از دور بر مبنای صفاتی از گیاهان مناطق مرطوب استوار است که دارای Leaf Area Index زیاد، تاج پوشش نسبتاً پیوسته، میزان کلروفیل بالا و برگهای نازک و تیره‌تری هستند. در حالیکه گیاهان مناطق خشک و نیمه خشک جهت تحمل استرس‌های رطوبتی و حرارتی که در این نواحی اتفاق می‌افتد دارای خصوصیات مقاومت‌تری نسبت به گیاهان مناطق مرطوب می‌باشند[۸و۶].

جدول شماره (۱): محدوده طیفی جذب نور رنگدانه‌های گیاهی [۶].

نوع ماده رنگی	محدوده طیفی (میکرومتر)
a-carotene	0.42,0.5
Arabinogalactan	0.99,1.21,1.45,1.55,1.74,1.93,2.10,2.28,2.32,2.50
B-glucan (hemicullulose)	1.45,1.77,1.93,2.09,2.33,2.50
Carnauba Wax	0.93,1.04,1.21,1.39,1.41,1.54,1.73,1.82,1.93,2.01,2.05, 2.14,2.31,2.35,2.39,2.43
Cellulose	1.48,1.93,2.10,2.28,2.34,2.48
Chlorophyll-a	0.38,0.45,0.675
Chlorophyll-b	0.41,0.47,0.61
D-ribulose diphospate carboxylase	1.50,1.68,1.74,1.94,2.05,2.17,2.29,2.47
Humic Acid	0.4,0.7,1.92,2.30,2.34
Lignin	1.45,1.68,1.93,2.04,2.14,2.27,2.33,2.38,2.50
Lutein (xanthophyll)	0.4,0.5
Pectin (apple)	1.44,1.72,1.92,2.09,2.24,2.36,2.48
Pectin (citrus)	0.98,1.19,1.44,1.56,1.68,1.73,1.78,1.93,2.08,2.25,2.32,2.36,2.48
Protochlorophyll	0.41,0.47,0.58
Strach	0.99,1.22,1.45,1.56,1.70,1.77,1.93,2.10,2.32,2.48
Tannic Acid	0.99,1.12,1.46,1.66,1.93,2.13,2.26,2.32,2.50
Xylan (hemicellulose)	1.21,1.45,1.72,1.79,1.93,2.09,2.26,2.32,2.50

گیاهان مناطق خشک و نیمه خشک جهت تعدیل درجه حرارت و حفظ رطوبت برگهای کوچک و تاج پوشش بازی دارند که باعث کاهش Leaf Area Index این گیاهان می‌شود. بازبودن تاج پوشش گیاهی باعث نمایان شدن خاک زمینه در این مناطق می‌گردد. علاوه براین تیپ غالب اکثر مناطق خشک و بیابانی بوته زارها می‌باشند که تراکم و تاج پوشش نسبتاً باز این بوته‌ها وسیله‌ای است تا خاک زمینه در انعکاسات طیفی مناطق خشک و نیمه خشک نقش مهمی داشته باشد[۱]. آنچه ارزیابی پوشش گیاهی در مناطق خشک و نیمه خشک را بیشتر مشکل می‌کند این است که گیاهان این مناطق جهت اجتناب از نور خورشید در اواسط روز برگهای خود را به صورت عمودی و راست نگه می‌دارند. این در حالی است که اکثر سنجنده‌های از راه دور در اواسط روز یعنی زمانیکه بیشترین نور و کمترین سایه در روی زمین باشد، از سطح زمین تصویربرداری می‌کنند که این باعث می‌شود مقادیر کمتری از Leaf Area Index موجود در گیاهان مناطق خشک و نیمه خشک با استفاده از سنجش از دور اندازه‌گیری شود.



نگاره ۱: بازتابندگی پوشش گیاهی در محدوده باند مرئی و فروسرخ نزدیک [۸]

بعضی دیگر از گیاهان این مناطق با لوله کردن برگ‌های خود در مقابل استرسهای محیطی از خود واکنش نشان می‌دهند که این امر نیز باعث کاهش Leaf Area Index قابل مشاهده بوسیله سنجش از دور می‌شود. خیلی از گیاهان مناطق خشک و نیمه خشک دارای پوشش کرکی هستند که صفات طیفی و رنگی این گیاهان را تغییر می‌دهد. مقادیر بالای پوشش کرکی باعث افزایش انعکاس در محدوده ۱-۰/۷ میکرومتر شده و موجب کاهش انعکاس در محدوده ۲/۵-۱ میکرومتر می‌شود، اما تأثیر کمی بر انعکاسات در محدوده ۰/۷۵-۰/۵ میکرومتر دارد[۸].

نمک موجود در روی برگهای بعضی از گیاهان مناطق خشک و نیمه و خشک مانع رسیدن نور به برگها شده و باعث افزایش ناگهانی انعکاس در بخش مرئی طیف می‌شود[۸].

اکثر بوته‌ها و گراسهای مناطق خشک و نیمه خشک بافت آبی کمی دارند. این گیاهان از طریق نفوذ کمتر آب بداخل برگها در مقابل استرسهای آبی مقاومت می‌کنند. در این گیاهان بدلیل حجم کم آب انعکاس فروسرخ میانی خیلی کم است. انتظار می‌رود که گیاهانی که از طریق عدم نفوذ نور بداخل برگهایشان در مقابل کم آبی مقاومت می‌کنند، انعکاس قوی در باند مرئی طیف در مقایسه با گیاهان مناطق مرطوب داشته باشند[۸].

مشکل دیگر در سنجش پوشش گیاهی مناطق خشک و نیمه خشک این است که چنانچه عملیات تصویربرداری در زمانی که گیاهان یکساله سبز هستند انجام بگیرد، بدلیل تشابه نسبی انعکاسات طیفی گیاهان یکساله در نواحی خشک و نیمه خشک با انعکاسات طیفی مناطق مرطوب، پوشش گیاهی مناطق خشک و نیمه خشک در چنین مواقعی در حد مطلوب ارزیابی می‌شود. که این باعث اشتباه در نتایج تخریب گیاهان چند ساله در این مناطق خواهد شد. نکته قابل توجه این است که نواحی که در آن گیاهان چند ساله تخریب شده‌اند ممکن است آن نواحی به وسیله گونه‌های یکساله اشغال شده باشد. بنابراین شناسایی و جدا کردن مناطقی که بوسیله گیاهان یکساله پوشیده شده باشد در بعضی موارد می‌تواند نشان دهنده نواحی باشد که گیاهان چند ساله در آنجا تخریب یافته‌اند[۸و۱].

تکنیک مناسب جهت مطالعات پوشش گیاهی مناطق خشک و نیمه خشک

در بررسی پوشش گیاهی خشک و بیابانی مشکل اصلی ضعیف بودن تاج پوشش گیاهی است که بازتاب آن تحت تأثیر بازتاب‌های خاک زمینه، سنگ و محیط واقع می‌گردد و مشکل بازیافت داده‌های گیاهی را تشدید می‌کند. از طرفی چون مقدار نور قرمز بازتاب یافته از خاک بیشتر از نور قرمز انعکاس یافته از پوشش گیاهی است و نور مادون قرمز مربوط به پوشش گیاهی ضعیف بیابان کم و ناچیز است، تفکیک خاک از پوشش گیاهی ضعیف سخت و مشکل می‌گردد. بنابراین تکنیک مورد استفاده جهت نمایش مکانیسم تخریب و بیابان زایی از طریق مشاهده پوشش گیاهی در مناطق خشک و نیمه خشک باید خیلی اصلاح شود[۹و۱].

یکی از روش‌های پیشنهادی جهت تهیه نقشه پوشش گیاهی مناطق خشک و نیمه خشک تهیه نقشه خاک بدون پوشش در این اراضی است. خاک بدون پوشش از جمله لایه‌های اطلاعاتی است که می‌تواند برای مطالعات اراضی مرتعی و فرسایش اراضی با استفاده از سنجش از دور تولید شود. نکته قابل توجهی که مورد تأکید می‌باشد این است که با توجه به این که در مناطق خشک و بیابانی درصد پوشش گیاهی ضعیف بوده و میزان خاک بدون پوشش برروی داده‌های ماهواره‌ای تأثیر می‌گذارد، بنابراین باید با استفاده از لایه خاک بدون پوشش به نوعی لایه پوشش گیاهی را تعریف نمود. بدین معنی که چنانچه سطح خاک را مجموعاً از دو بخش پوشیده از گیاه و عاری از گیاه بدانیم با مشخص کردن یکی از این دو بخش، می‌توان بخش دیگری را بدست آورد. بر این اساس می‌توان لایه خاک بدون پوشش را تهیه و با تفاضل این لایه از عدد ۱۰۰ به درصد میزان پوشش گیاهی رسید[۳].

جهت نمایش تغییرات پوشش گیاهی مناطق خشک و نیمه خشک حداقل گزارش هفتگی مورد نیاز است[۷].

تصویربرداری طیفی در محدوده طیفی ۱-۰/۴، میکرومتر با دقت طیفی ۰/۰۰۱ میکرومتر از AVIRIS و تهیه باندهایی در محدوده طیفی ۰/۸۵،۰/۷۵،۰/۶۱۵،۰/۵۹،۰/۵۵،۰/۵،۰/۴۷۵،۰/۴۵ میکرومتر جهت نمایش

ترکیبات مواد رنگی اصلی و مهم پوشش گیاهی در مناطق خشک و نیمه خشک مورد نیاز است [۸و۱]. در جدول شماره ۲ خصوصیات سنجنده‌های مناسب جهت مطالعه پوشش گیاهی مناطق خشک و نیمه خشک آمده است.

جدول شماره ۲: خصوصیات سنجنده‌های مناسب جهت مطالعه پوشش گیاهی مناطق خشک و نیمه خشک[۱].

Characteristic	Desired Values
Spectral Region	Visible/Near-Infrared(0.4-1.0 μm)
Repeat Cycle	Weekly
Spatial Resolution	50-200m
Spectral Band Centers (μm)	0.450,0.475,0.500,0.590,0.615,0.675,
	0.750,0.850
Spectral Band Width (μm)	0.010
Calibration	Less than 5% Absolute Apparent Reflectance
Precision	1% Within band
Positional Knowledge	(Georeferenced) 50-20m
Duration	Indefinite, or Replaced

ذکر این نکته لازم است که تا حالا سنجنده‌ای طراحی نشده است که تمام صفات موجود در جدول شماره ۲ راکه جهت مطالعات پوشش گیاهی مناطق خشک و نیمه خشک مناسبند، را دارا باشد.

جمع‌بندی و نتیجه گیری

بررسی جوامع گیاهی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در حال تکامل است. با توجه به اینکه در شرایط خشک و بیابانی، میزان پوشش گیاهی ضعیف می‌باشد، بنابراین تأثیر خاک بدون پوشش برروی داده‌های ماهواره در چنین شرایطی قابل ملاحظه می‌باشد. بنابراین استفاده از داده‌های ماهواره‌ای جهت نمایش جوامع گیاهی مناطق خشک و نیمه خشک بدلیل کم بودن تاج پوشش گیاهی و تأثیر بالای خاک زمینه در بازتاب طیفی این مناطق مشکل می‌باشد. مطالعات مختلفی در زمینه معرفی شاخص‌های گیاهی جهت نمایش تغییرات پوشش گیاهی مناطق خشک و نیمه خشک انجام گرفته است که نتایج این مطالعات بیانگر این است که بدلیل متغیر بودن خصوصیات پوشش گیاهی و خاک در نواحی مختلف مناطق خشک و نیمه خشک و همچنین اختلاف در داده‌های ماهواره‌ای مورد استفاده از لحاظ نوع سنجنده، تعداد باند، محدوده طیفی، دقت مکانی و... نمی‌توان شاخص خاصی جهت ارزیابی پوشش گیاهی برای تمام مناطق خشک و نیمه خشک معرفی نمود. بلکه برای هر منطقه با توجه به خصوصیات پوشش گیاهی و خاک و نیز داده‌های ماهواره‌ای مورد استفاده، شاخص و یا شاخص‌هایی را که با مطالعات صحرایی معنی دار باشد، می‌توان معرفی نمود.بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که شاخص‌ها در مناطق خشک و نیمه خشک از اعتبار قابل توجهی برخوردار نمی‌باشد. دلیل این امر را می‌توان ناشی از رفتار متفاوت پوشش‌های مناطق خشک و نیمه خشک نسبت به پوشش مناطق مرطوب در باندهای مرئی و مادون قرمز دانست. به طوری که میزان انعکاس مادون قرمز توسط پوشش مناطق خشک و بیابانی به طور ناچیزی کمتر از خاک بدون پوشش می‌باشد. چون برگ‌های این نوع پوشش‌ها خیلی کوچک بوده و برگها به میزان کافی پارانشیم، مزوفیل، بافت اسفنجی، روزنه‌های هوایی و بافت چوبی ندارند. لذا نمی‌توانند بخش اعظم مادون قرمز را منعکس نمایند، همچنین در برخی از گیاهان مناطق خشک و نیمه خشک فتوسنتز توسط شاخه‌های سبز جوان صورت می‌گیرد. بنابراین شاخص سطح برگ (LAI) این نوع پوشش‌ها پایین و یا صفر می‌باشد. براین اساس پوشش‌های ضعیف مناطق خشک و نیمه خشک بخش اعظم باندهای مرئی مادون قرمز نزدیک را منعکس نمی‌نمایند.

یکی از روش‌های تهیه نقشه پوشش گیاهی مناطق خشک و نیمه خشک تهیه نقشه خاک بدون پوشش در این مناطق است که می‌توان از لایه‌های خاک بدون پوشش گیاهی به لایه پوشش گیاهی رسید که دارای دقت بیشتری می‌باشد. این دقت بیشتر می‌تواند ناشی از تأثیر غالب خاک بدون پوشش در برابر خاک با پوشش گیاهی ضعیف برروی داده‌های ماهواره‌ای باشد.

منابع و مآخذ

1- Monitoring Arid Lands, http://WWW.GPS. Caltech.edu/~ar.d/remsene /monitoring.html.1998.

۲-ارزانی، حسین.«کاربرد تلفیقی GIS و RS برای ارزیابی و مدیریت مناطق خشک و بیابانی، مجموعه مقالات دومین همایش ملی بیابانزایی و روشهای مختلف بیابان زدایی، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، ص ص ۲۴-۱۳، ۱۳۷۵.

۳-خوانین زاده، علیرضا و سیدجمال الدین خواجه الدین، «بررسی پوشش گیاهی منطقه نیر-یزد با استفاده از داده‌های TM»، همایش کاربرد سنجش از دور و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی در مطالعات مناطق بیابانی، دانشگاه تهران، اسفند ۱۳۷۹.

4- Gupta,R.K.Plant Processes, Edited by Godall,D.W And R.A.Perry,Arid Land Ecosystems:Structure,Functioning And Management, Cambridge University Press, Vol:1,PP:471-675,1979.

۵-پیمانی فرد، بهرام، بررسی پاره‌ای از خصوصیات بوم زیستی مناطق خشک و نیمه خشک، مجموعه مقالات دومین همایش ملی بیان زدایی، و روشهای مختلف بیابان زدایی، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، ص ص ۳۰۵-۲۹۹، ۱۳۷۵.

۶-پل کوران، ترجمه رضا حائر، «اصول سنجش از دور»، مرکز سنجش از دور ایران، ۱۳۷۳

7- Vonder, O, Land Degradation And Desertification, http://cgi.girs.Wagening enur.n1/cgi/Progects/bcrs/multisensor/report.1/12.html,1998.

8- Thalen,D.C.P,Remote Sensing of Vegetation in (semi) Arid Region, Edited by buiten,J. and P.W.Clevers, Land Observation by Remote Sensing, teory And Application, Gordan and Breach Science publisher, Amesterdam, PP:433-448,1993.

۹-محمدی، علیرضا. تعیین بهترین شاخص برای نشان دادن تراکم پوشش گیاهی در منطقه نمرود فیروزکوه با استفاده از کاربرد سنجش از دور و GIS، همایش سنجش از دور و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی در مناطق بیابانی، دانشگاه تهران، ۱۳۷۹.